

ЗАДАЧИ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ КАЧЕСТВО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

А.К. Леваков, директор по эксплуатации сетей связи макрорегионального филиала «Центр ОАО «Ростелеком», к.т.н.; levakov1966@list.ru

А.В. Федоров, начальник отдела ЛО ЦНИИС; fav@loniis.org

Н.А. Соколов, главный научный сотрудник ЛО ЦНИИС, д.т.н.; sokolov@niits.ru

Показатели качества обслуживания (QoS) представляют собой набор метрик, определяющих удовлетворенность абонентов свойствами предоставляемых им услуг. Оценка этих показателей необходима на этапах планирования телекоммуникационных сетей, их построения и эксплуатации. В статье формулируются пять основных задач, решение которых позволит эффективно контролировать показатели, нормированные для обслуживания мультисервисного трафика. Постановка всех пяти задач основана на анализе рекомендаций Международного союза электросвязи (МСЭ) и опыте, накопленном российскими операторами связи.

Ключевые слова: телекоммуникационная сеть, QoS, мультисервисный трафик, декомпозиция, оценка показателей, методы измерения трафика.

Введение. В последние годы растет количество жалоб абонентов на качество работы телекоммуникационных сетей. Для исправления сложившейся ситуации потребуются скоординированные усилия научных центров, проектных институтов, эксплуатационных компаний и разработчиков оборудования электросвязи. Для начала столь масштабной работы необходимо адекватно оценить реальные показатели, характеризующие качество функционирования эксплуатируемых телекоммуникационных сетей. В статье формулируются соответствующие задачи и предлагаются подходы к их решению.

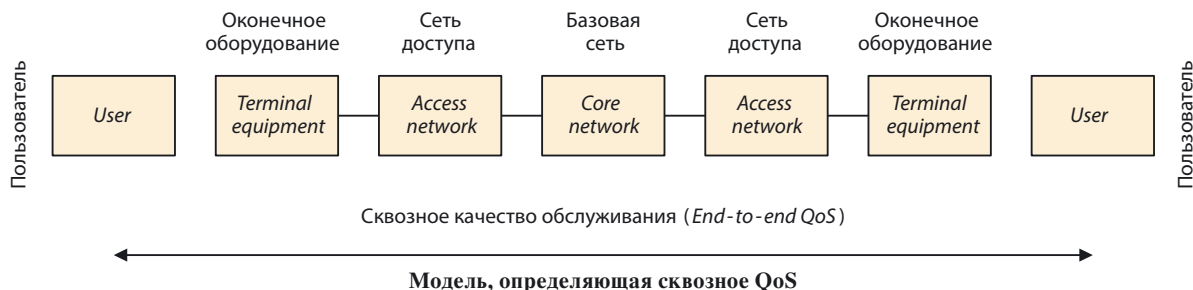
Особенности нормирования показателей QoS. Слово «качество» трактуется в технической литературе по-разному. Для телекоммуникационных сетей уместно использовать трактовку термина «качества» (Quality) из Рек. ITU-TE.800 сектора стандартизации МСЭ [1]. Версия этой рекомендации на русском языке содержит следующее определение качества: совокупность характеристик объекта, имеющих отношение к его возможности удовлетворять установленные и предполагаемые потребности. К этому определению дано существенное примечание: во-первых, упомянутые характеристики должны поддаваться экспериментальной оценке и/или измерению; во-вторых, когда характеристики определены, они становятся параметрами и выражаются метриками. После завершения соответствующих работ нормируются показатели QoS.

Для обсуждения особенностей, объективно присущих нормированию показателей QoS, полезно воспользоваться моделью, содержащейся в Рек. ITU-TE.800. Она воспроизведена на рисунке с небольшими изменениями. Внутри каждого элемента модели указано его название на английском языке. Иллюстрация подразумевает наличие пользователей (User) на каждом конце соединения. Тем не менее предлагаемая конструкция применима и в случае, когда на одном из концов соединения находится поставщик услуг (Service Provider).

Стрелка, фиксирующая сферу сквозного QoS, выходит за границы телекоммуникационной сети, заканчивающейся конечным оборудованием. Такое решение авторов Рек. ITU-TE.800 по всей видимости объясняется необходимостью учитывать влияние на QoS внешних (по отношению к телекоммуникационной сети) факторов. В частности, в Рек. ITU-TR.10 [2] сквозное качество для телефонной связи определяется на участке «рот говорящего — ухо слушающего» (mouth-to-ear), что требует учитывать, например, возможные шумы в помещениях пользователей [3].

Показатели, характеризующие QoS, делятся на две большие группы [1]. В первую входят показатели, относящиеся к процессам функционирования сети. Это — потери вызовов и задержки IP-пакетов, часто используемые для оценки показателей QoS трафика в сетях с коммутацией каналов и пакетов, соответственно. Во вторую группу включают показатели, напрямую не связанные с процессами функционирования сети — тарифы на услуги электросвязи и время реакции на жалобы пользователей. В статье рассматриваются показатели, образующие первую группу.

Принципам нормирования показателей QoS свойственны специфические особенности, среди которых следует выделить различия в требованиях игроков (участников) рынка ИКТ-услуг. Модель, изображенная на рисунке, в большей мере отражает (что представляется справедливым) интересы пользователей. Действительно, именно пользователи заинтересованы в обеспечении тех показателей, которые относятся к сквозному QoS. Формально в этом заинтересованы и другие игроки рынка услуг. С другой стороны, им для построения, эксплуатации и развития своих техни-



ческих средств необходимо опираться на нормы, заданные в границах ответственности за собственные фрагменты общей системы.

Под «общей системой» понимается комплекс средств, обеспечивающий всю совокупность технических, экономических и организационных операций, необходимых для предоставления пользователям ИКТ-услуг. Этот комплекс представляет собой типичный пример большой и сложной системы [4].

Особенности развития телекоммуникационной системы. Идеализированный процесс нормирования показателей QoS может быть представлен как последовательное решение двух задач: первая заключается в установлении норм на сквозное QoS; вторая — декомпозиция этих норм на показатели, определяющие QoS для всех основных компонентов общей системы. К сожалению, такой подход не всегда возможен в силу причин объективного и субъективного характера.

Причины объективного характера можно проиллюстрировать с помощью трех состояний телекоммуникационной системы [5]: *as is* (как есть), *asshouldbe* (как должно быть) и *aswill* (как получится). Состояние *as is* характеризуется фазовым пространством [6] телекоммуникационной системы к текущему моменту времени t_0 . Это состояние определяется решениями (и правильными, и ошибочными), принятыми при модернизации системы электросвязи на предыдущих этапах ее развития. Если к моменту времени t_1 , который определяет завершение нового этапа развития телекоммуникационной системы, был выбран приемлемый сценарий, то можно говорить о переходе к состоянию *asshouldbe*.

Одно из важных условий перехода к этому состоянию — проведение полноценных научных исследований, завершающихся разработкой практических рекомендаций для всех участников рынка. Два последних десятилетия упомянутые исследования не проводились. По этой причине развитие телекоммуникационной системы все еще осуществляется на основе парадигмы *aswill*. Из причин субъективного характера следует выделить сложность согласования технической политики основных участников рынка. Это утверждение справедливо и для задач, относящихся к обеспечению показателей QoS.

Телефонная сеть общего пользования (ТфОП) развивалась, в основном, по стратегии *asshouldbe*. Интернет — от начала своего создания вплоть до настоящего времени — формируется, в основном, по принципу *aswill*, что существенно усложняет решение задач по обеспечению приемлемого уровня QoS мультисервисного трафика.

Еще одной важной особенностью развития телекоммуникационной системы следует считать длительный период сосуществования фрагментов сетей электросвязи, построенных на разных технологиях передачи и коммутации. Подобная ситуация обусловлена объективными свойствами *тех консервативных сложных технических систем* [7], для которых характерен длительный *жизненный цикл* [8].

Ограниченный объем статьи не позволяет останавливаться на других особенностях современного этапа развития телекоммуникационной системы, но они, по мнению авторов, менее значимы с точки зрения рассматриваемых ниже задач. Предлагается выделить пять крупных задач.

Первая задача заключается в составлении перечня нормируемых показателей сквозного QoS и его согласовании с игроками ИКТ-рынка. Сначала поставленная задача представляется достаточно простой. Действительно, ее реше-

ние не требует применения сложных экономико-математических методов. Однако получение желаемых результатов связано с принятием решений [9] из-за неоднозначности ситуаций, порождаемых различными причинами. Следует выделить три из них:

- географические и связанные с ними особенности РФ;
- длительный период сосуществование нескольких технологий передачи, коммутации и обработки информации;
- различия в подходах и в численных значениях норм, предлагаемых международными организациями по стандартизации в области электросвязи.

Следствием географических и связанных с ними особенностей страны стало применение систем спутниковой связи, использование которых увеличивает время распространения сигналов. Эта величина влияет на качество предоставления ряда услуг. В первую очередь, данное утверждение касается телефонной связи [10]. Различие в технологиях передачи, коммутации и обработки информации порождает необходимость использования нескольких неидентичных наборов показателей, характеризующих QoS одного и того же вида трафика. Такая ситуация усложняет задачи нормирования показателей и их контроля. Похожие проблемы возникают из-за различий в подходах и в численных значениях норм, предлагаемых ITU (МСЭ), ETSI (Европейским институтом телекоммуникационных стандартов), IETF (Целевой группой исследований Интернет).

Составление перечня нормируемых показателей сквозного QoS и его согласование с игроками ИКТ-рынка должны осуществляться с учетом изложенных выше соображений. По мнению авторов, важнейшими источниками информации для проведения необходимых работ остаются Рек. ITU-T. К уже упомянутым рекомендациям следует добавить, по крайней мере, еще шесть источников [11–16].

Вторая задача включает декомпозицию показателей сквозного QoS по элементам общей системы и сводится к набору процедур, которые могут быть выполнены с помощью методов теории вероятностей [17]. Правда, эти методы не всегда легко реализуются. В частности, в Рек. ITU-T.Y.1542 [18] предложен простой и логичный способ декомпозиции среднего значения (математического ожидания) времени задержки IP-пакетов на компоненты, определяющие аналогичные показатели для всех сетей, ресурсы которых задействованы для организации тракта обмена информацией между интерфейсами пользователь–сеть. Для вариации задержки, оценка которой предусматривает расчет квантиля распределения [17], процесс декомпозиции представляет собой очень сложную задачу [5].

Следует также учитывать, что декомпозиция показателей сквозного QoS напрямую связана с экономическими аспектами функционирования рынка ИКТ-услуг [19]. Разработка согласованных решений по декомпозиции показателей сквозного QoS усложняется еще и необходимостью учета требований, входящих в соглашения об уровне обслуживания [20], более известных по аббревиатуре SLA (Service Level Agreement).

В общем случае поставленная задача не может быть решена формализованными методами. Тем не менее, для обеспечения показателей сквозного QoS необходимо сформулировать понятные требования к используемым ресурсам всех участников рынка ИКТ-услуг. Скорее всего декомпозицию следует рассматривать как периодически возобновляемый процесс, что позволит учесть возрастающие требования пользователей к качеству предоставляемых

услуг (включая соответствующие разделы SLA), а также изменения, происходящие вследствие эволюции телекоммуникационных сетей и информационных систем.

Третья задача может быть сформулирована как контроль характеристик QoS, напрямую связанный с мониторингом трафика, обслуживаемого телекоммуникационными сетями и системами обработки информации. Принято различать активные и пассивные методы измерения трафика [21]. Очевидно, что максимально возможный полезный эффект может быть достигнут при разумном сочетании обоих методов.

Значительную часть XX века основные диалоговые услуги обеспечивались ТфОП. Для этой сети в Рек. ITU-T серии «Е» (в частности, Е.490 — Е.505) были тщательно проработаны предложения по измерению трафика для решения задач по планированию ТфОП, ее эксплуатации и развитию. К сожалению, для мультисервисных сетей, основанных на пакетных технологиях, столь же подробные и научно обоснованные рекомендации отсутствуют. Существует несколько причин объективного и субъективного характера, приведших к сложившейся ситуации, но их анализ — предмет отдельного обсуждения.

Многие современные узлы коммутации и средства обработки информации располагают программными продуктами, позволяющими тщательно отслеживать процессы изменения мультисервисного трафика. В противном случае подобные программные продукты могут быть установлены в узлах коммутации и в средствах обработки информации. Иными словами, принципиальные ограничения на реализацию мониторинга трафика отсутствуют. Таким образом, пассивные методы измерения трафика могут быть использованы в необходимом объеме.

Активные методы измерения трафика позволяют выявить «узкие места» в составе инфокоммуникационной системы. В частности, применение модели Тьюки-Хьюбера [22] позволяет в определенном смысле «провоцировать» события, способствующие выявлению потенциальных проблем, обусловленных резким ростом трафика. Особая значимость подобных искусственных приемов связана с исследованием функционирования сети связи общего пользования в чрезвычайных ситуациях [23].

Четвертая задача относится к разработке методов корректной обработки полученной информации и результатов контроля характеристик QoS. Появление в составе ТфОП автоматических телефонных станций стимулировало разработку методов измерения трафика и анализа полученных результатов. Эта тематика стала важным направлением в работе научных коллективов по теории телетрафика в организациях Академии наук (ИППИ), в научно-исследовательских институтах (ЦНИИС, ЛОЦНИИС, КОНИИС), а также в вузах связи: МТУСИ, СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, СибГУТИ, ГУТ (Киев), ОНАС им. А.С. Попова (Одесса), ТУИТ (Ташкент) и др.

В результате совместных усилий были созданы рекомендации по организации сбора и обработки статистических данных о трафике, что позволило решить ряд важных задач развития ТфОП. К сожалению, в эпоху становления мультисервисных сетей необходимые исследования проводятся инициативными малочисленными группами специалистов, а их работы, как правило, не финансируются. В сложившейся ситуации растет число жалоб пользователей на качество связи, но это только верхушка того айсберга, который может нанести заметный урон всей отрасли «Связь».

Изменения мультисервисного трафика формализуются сложными стохастическими процессами. Следовательно, для разработки методов обработки результатов измерений должен использоваться новый (по сравнению с применяемым для ТфОП) математический аппарат. Полученные результаты необходимо довести до инженерных методик, позволяющих эксплуатационному персоналу оперативно принимать решения, близкие к оптимальным. По всей видимости, заметная роль в решении подобных задач отводится когнитивным технологиям [24].

Пятая задача заключается в корректном использовании доступной информации. Сферы применения результатов, полученных в процессе контроля исследуемых показателей, весьма разнообразны. Они могут быть представлены следующими примерами:

- выявление «узкого места» в конкретном фрагменте телекоммуникационной сети по жалобам пользователей;
- прогнозирование трафика на перспективу для решения задач по модернизации эксплуатируемых технических средств.

В первом случае полученные сведения зачастую позволяют выявить создавшуюся проблему. Во втором — доступные данные могут служить лишь частью информационной базы для дальнейших исследований. Тем не менее, следует тщательно изучить возможность и целесообразность разработки общих принципов применения результатов, полученных в процессе решения предыдущей (четвертой) задачи. Данное предложение можно обосновывать тем обстоятельством, что аппаратно-программные средства, выполняющие обработку полученной информации, уместно создавать как единый комплекс. Более того, подобные средства, работающие в сетях разных операторов связи, желательно интегрировать в единую информационную систему, что позволит принимать эффективные решения, опираясь на имеющийся опыт. Конечно, принципы построения предлагаемой системы требуют дополнительного исследования.

Как было отмечено выше, телекоммуникационные сети относятся к сложным системам [4, 7]. Одна из особенностей сложной системы состоит в том, что неполная информация о ее состоянии может порождать ошибочные решения по устранению выявленных недостатков. Мультисервисному трафику присуща стохастическая природа. Это означает, что информация о состоянии телекоммуникационной сети должна собираться и обрабатываться с учетом закономерностей, характерных для случайных величин. Иначе могут быть сделаны ошибочные выводы.

Заключение. Сформулированные задачи представляются весьма актуальными, но их перечень может быть расширен. Решение перечисленных и дополнительных задач будет хорошим фундаментом для эффективной работы всех участников рынка ИКТ-услуг. Размещение на сайте МСЭ в открытом доступе (<http://www.itu.int/ru/ITU-T/publications/Pages/recs.aspx>) текстов рекомендаций упрощает поиск необходимой информации. Существенно хуже обстоит дело с формированием (реанимацией) научных коллективов, способных проводить исследования на должном уровне. Если такие коллективы будут воссозданы, их работа начнет финансироваться, а полученные результаты станут востребованными операторами связи, поставщиками услуг и производителями оборудования. При этом появится реальная возможность обеспечить заданные показатели, определяющие качество функционирования телекоммуникационных сетей.

ЛИТЕРАТУРА

1. ITU-T. Recommendation E.800 «Definitions of terms related to quality of service». — Geneva, 2008.
2. ITU-T. Recommendation P. 10 «Vocabulary for performance and quality of service». — Geneva, 2006.
3. ITU-T. Recommendation G.107 «The E-model, a computational model for use in transmission planning». — Geneva, 2014.
4. Новосельцев В.И., Тарасов Б.В. Теоретические основы системного анализа. — М.: Майор, 2013.
5. Sokolov A., Sokolov N. Rational solutions for development of telecommunications networks // T-Comm «Телекоммуникации и транспорт». — 2014. — № 6.
6. Математическая энциклопедия. Под ред. И.М. Виноградова. — М.: Советская энциклопедия, 1977–1985.
7. Булгак В.Б., Варакин Л.Е., Ивашкевич Ю.К. и др. Концепция развития связи Российской Федерации. — М.: Радио и связь, 1995.
8. Федюкин В.К. Управление качеством процессов. — СПб.: Питер, 2004.
9. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. — М.: Логос, 2002.
10. ITU-T. Recommendation G.114 «One-way transmission time». — Geneva, 2003.
11. ITU-T. Recommendation E.802 «Framework and methodologies for the determination and application of QoS parameters». — Geneva, 2007.
12. ITU-T. Recommendation Y.1560 «Parameters for TCP connection performance in the presence of middleboxes». — Geneva, 2003.
13. ITU-T. Recommendation E.651 «Reference connections for traffic engineering of IP access networks». — Geneva, 2000.
14. ITU-T. Recommendation E.721 «Network grade of service parameters and target values for circuit-switched services in the evolving ISDN». — Geneva, 1999.
15. ITU-T. Recommendation Y.1521 «Framework for achieving end-to-end IP performance objectives». — Geneva, 2010.
16. ITU-T. Recommendation Y.1541 «Network performance objectives for IP-based services». — Geneva, 2011.
17. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. — М.: Издательский центр «Академия», 2005.
18. ITU-T. Recommendation Y.1542 «Framework for achieving end-to-end IP performance objectives». — Geneva, 2010.
19. Мохаммед А. Распределение доходов операторов мультисервисных услуг: учет QoS. — Первая миля. — 2015. — № 1.
20. Фаерберг О.И., Шварцман В.О. Качество услуг связи. — М.: ИРИАС, 2005.
21. Passive and Active Network Measurement: Proceedings of 8th International Conference. — Belgium, Springer, 2007.
22. Маршак М.А., Соколов Н.А. Об одной актуальной задаче обеспечения QoS трафика в NGN // Вестник связи. — 2010. — № 1.
23. Леваков А.К. Особенности функционирования сети следующего поколения в чрезвычайных ситуациях. — М.: ИРИАС, 2012.
24. Комашинский В.И., Соколов Н.А. Когнитивные системы и телекоммуникационные сети // Вестник связи. — 2011. — № 10.

Получено 21.05.15

УДК 658.5:232:51:512.6:512.3:001.893

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА РЭС ВОЕННОГО И ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ

А.В. Сидорин, профессор МГТУ МИРЭА, д.т.н.; A_Sidorin@mirea.ru

В.В. Сидорин, профессор, заведующий кафедрой МГТУ МИРЭА, д.т.н.; Sidorin@mirea.ru

М.В. Покровская, доцент МГТУ МИРЭА; Pokrovskaya@mirea.ru

Представлена система взаимодействия научно-исследовательских подразделений технических университетов с промышленными предприятиями и научными организациями на основе оптимального распределения консолидированных ресурсов с целью повышения эффективности системы обеспечения качества радиоэлектронных средств военного и двойного назначения на этапе жизненного цикла «Проектирование и разработка».

Ключевые слова: радиоэлектронные средства, научно-производственный кластер, менеджмент качества, жизненный цикл продукции, научно-техническая продукция, технический университет.

Введение. Одним из наиболее эффективных подходов к обеспечению качества и конкурентоспособности радиоэлектронных средств (РЭС) военного и двойного назначения является синергия потенциала производственных предприятий, научных организаций и технических университетов в учебно-научно-производственный инновационный кластер (УНПК) [1–3]. Зарубежный и российский опыт кластерного подхода и в то же время отсутствие конкретных рекомендаций по его применению, в частности на предприятиях радиоэлектронного комплекса (РЭК) Рос-

сии, указывают на необходимость адаптации известных моделей деятельности к особенностям работы предприятий отрасли, выпускаемой ими продукции, процессов ее создания и применения.

Основополагающий принцип деятельности УНПК — пропорциональное и сбалансированное распределение консолидированных ресурсов участников кластера для обеспечения конкурентоспособности и устойчивого развития. Этот принцип транслируется и на низшие уровни иерархии организационной структуры кластера в управлении всеми видами деятельности (научной, производственной, инновационной, образовательной). Реализация принципа сбалансированного распределения ресурсов участников кластера приводит к такой схеме их взаимодействия, при которой устанавливается их участие в обеспечении качества РЭС на этапах жизненного цикла продукции, свойственных роду их деятельности. Выигрывают от этого все: предприятия высвобождают значительную часть своих ресурсов — материальных, финансовых, людских, временных для производственной деятельности, выпуска продукции; научные организации в сотрудничестве с техническим университетом выполняют поисковые и прикладные НИР, ОКР